한국전문물리치료학회지 제 14권 제 2호
PTK Vol. 14 No. 2 2007.

맞춤형 인솔이 산업체 근로자의 작업 후 신체불편지수와 통증에 미치는 영향

김덕화
연세인간공학센타 생체역학부
정도영
순천제일대학 의료보장구과
권오윤
연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, 보건환경대학원 인간공학치료학과, 보건과학연구소

Abstract

The Effects of Customized Insoles on the Post-Work Discomfort and Pain

Duck-hwa Kim, M.Sc., P.T.
Dept. of Biomechanics, Yonsei Ergonomic Center
Do-young Jung, M.Sc., P.T.
Dept. of Prosthetics and Orthotics, Suncheon First College
Oh-yun Kwon, Ph.D., P.T.
Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Yonsei University
Dept. of Ergonomic Therapy, The Graduate School of Health and Environment, Yonsei University
Institute of Health Science, Yonsei University

In many manufacturing occupations, industrial workers reported foot or lower leg problems such as discomfort, pain or orthopedic deformities. This study investigated the effects of two different working conditions upon assembly worker's perception of discomfort and foot pain associated with various body parts. Twenty-three male volunteers performed work in the factory. Ergonomic intervention has been to modify the flooring in an attempt to alleviate the problems associated with constrained standing and walking work. The worker's standing conditions consisted of standing on a hard floor while wearing shoe insoles. Questions were asked regarding body discomfort and foot pain. Significant differences in body discomfort and foot pain were found when comparing the overall effects of wearing shoe insoles on a hard floor ($p<.05$). This investigation indicated that shoe insoles reduced body discomfort and foot pain ($p<.05$).

Key Words: Discomfort; Foot pain; Hard floor; Shoe insole.

Ⅰ. 서론

산업체 작업장에서 근로자들의 지속적인 작업은 신체에 많은 부담과 통증을 일으킨다. 이러한 이유로 작업장에서 근골격계 질환에 대한 예방과 치료는 국가적으로 그리고 사회적으로 큰 주목을 받고 있다. 여러 문헌에서 통증과 작업은 빼 놓을 수 없는 인과 관계가 있다고 밝힌 바 있다(King, 2002). 특히, 반복 작업이나 무거운 물건을 취급하는 것이 근골격계 질환의 주요한 요인으로 작용한다(Sommerich 등, 1993). 미국족부협회

통신저자: 김덕화 duckha00@hanmail.net

(American Podiatric Association)에서는 미국 산업체 작업자들의 83%가 발이나 하지에 불편함이나 통증, 정형외과적 문제를 가지고 있다고 보고한바 있다(Marr와 Quine, 1993). 지속적으로 걷거나 서서 일하는 작업은 요통과 하지의 여러 가지 장애를 일으킬 수 있다(Ryan, 1989). 이 외에도 취약한 작업자세와 신체에 가해지는 진동까지도 통증의 원인이 된다(Hansen 등, 1998). 또한 Ryan(1989)은 서서 일하는 시간과 하지의 통증이 밀접한 관계가 있음을 보고했다.

장시간 서서 일하는 작업(standing work for long periods)은 하지 피로(tiredness)과 불편(discomfort), 하지 부종(swelling)과 정맥환류(venous return)의 이상, 요통, 그리고 전반적 신체 피로에 직접적인 영향이 있다(Redfern과 Cham, 2000). 특히, 작업장의 바닥면은 신체의 불편과 피로를 유발하는데 밀접한 연관이 있지만, 지금까지의 연구결과는 조금씩 다른 결과를 보여주고 있다(Hansen 등, 1998; King, 2002; Rys와 Konz, 1994). 이전의 연구에서는 근전도 스펙트럼 분석(electromyographic spectral analysis)과 근력의 감소를 통해 국소 근피로도를 측정하거나 설문지를 통하여 피로를 인지하는 불편지수(discomfort scale)로 조사하기도 한다(Cham과 Redfern, 2001).

신체의 불편함은 서있는 시간이 증가할수록 나타나며, 하지에서 가장 심각한 것으로 조사되었다(Redfern과 Cham, 2000). 특히, 허리와 하지의 불편함은 무거운 물건을 드는 횟수와 무게, 취약한 작업 자세, 신체 전반에 가해지는 진동, 그리고 장시간 서서 일하는 자세와 시간이 가장 밀접하게 관련이 깊다(Hansen 등. 1998; Ryan, 1989). 하지의 불편함을 일으키는 주된 원인은 정맥 울혈과 정적 근 수축에 의해서 나타난다. 정맥 울혈(venous pooling)은 하지에서 피가 축적되는 현상을 방지하기 위한 근육의 수축-이완(contract-relax) 작용의 부족으로 발생하게 되는데, 이렇게 감소된 혈류량은 자세를 유지하기 위한 근육들의 근피로도를 증가시키고, 결국 신진대사물의 축적으로 인한 통증을 유발시킨다(Edwards, 1988). 신진대사물의 축적은 근육의 민감도를 증가시켜 근육의 구심성 섬유를 더욱 자극하게 된다(Djupsjobacka 등, 1994). 또한 하지의 온도변화, 부종의 증가로 인한 부피 변화, 근활성도 변화, 그리고 지면반발력(ground reaction force)도 하지의 불편지수 변화에 직접적인 영향이 있으며(Hansen 등, 1998), 불편지수를 증가시키는 하지의 혈액 순환 장애의 생리학적 근거로 제시되고 있다.

지금까지의 연구에서는 장시간 일하는 근로자들에게 작업장의 바닥 재질은 급성, 만성 통증과 상당한 관계가 있으며, 하지에서 발생되는 불편지수에 큰 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 따라서 작업장에서 근로자들을 위한 바닥의 재질과 근로자의 안전화에 착용하여 신고 다니는 인솔(insole)에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다(Cham과 Redfern, 2001; King, 2002; Hansen 등, 1998). 인솔은 보행 중 입각기의 초기 접지(initial contact 또는 heel strike)에 최대 50%까지 충격을 흡수하고 만성 요통과 퇴행성 관절염 질환을 줄이는 효과가 있다고 알려져 있다(Sobel 등, 2001). 하지만, 이전의 연구에서는 인솔이 실험실에서 정상인들과 운동선수들에게 충격 흡수에 효과가 있다고 알려져 있으나 실제 현장 근로자들을 대상으로 신체의 불편지수와 통증을 알아본 연구는 드물다. 특히, 국내의 경우 산업체 근로자들을 대상으로 바닥재질에 따른 신체 여러 부위의 통증과 불편함을 조사한 연구는 부족한 실정이다.

본 연구는 임상적으로 산업체 근로자에게 맞춤형 인솔이 신체 각 부위의 불편지수에 미치는 영향과 발의 통증에 어떠한 영향이 있는지 알아보았다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상자

창원 GM DAEWOO와 STX ENGINE에 종사하는 근로자 23명을 대상으로 콘크리트 바닥과 인솔 착용 상태에서의 신체의 불편지수를 조사하고 발에 통증을 가진 자 중에서 통증척도를 비교하였다. 대상자들의 평균 연령은 42.3세, 평균 키는 171.5 ㎝, 평균 몸무게 72.7 ㎏, 그리고 평균 작업시간 9.83시간으로 조사되었다(표 1). 발과 하지, 그리고 하지에 신경학적 문제나 하지 정맥류 질환자, 순환기 질환자, 의학적 약물이나 병원치료를 받고 있는 자는 대상에서 제외되었다.

2. 측정도구

가. 맞춤형 인솔(customized insole)

맞춤형 인솔은 발의 외형을 impression foam을 이용하여 본을 뜬 후, 석고작업을 거쳐 그라인딩 작업을 통해 100% 개인별 맞춤형으로 만들었다. 인솔의 커버용

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (N=23)

	범위	평균±표준편차
나이(세)	33～53	42.39±5.88
키(㎝)	164～178	171.57±3.64
몸무게(㎏)	61～87	72.70±6.88
신발사이즈(㎜)	250～265	259.35±4.59
작업시간	8～10	9.83±.49

소재는 Ottobock-korea에서 생산된 Dynoform과 충격흡수에 뛰어난 점탄성 재질의 Platazote를 사용하였고 플라스틱 재질의 탄력성 semiflex와 바닥부분은 Dynokork를 사용하였다. 인솔의 중간 커버용 소재로 점탄성(viscoelastic) 재질의 인솔(insole)은 충격흡수에 효과적이며, 오랜 기간 사용이 가능하다(Pratt, 1986; Wosk와 Volonshin, 1985). 맞춤형 인솔은 모두 연세인간공학센타의 생체역학부에서 제작되었다(그림 1).

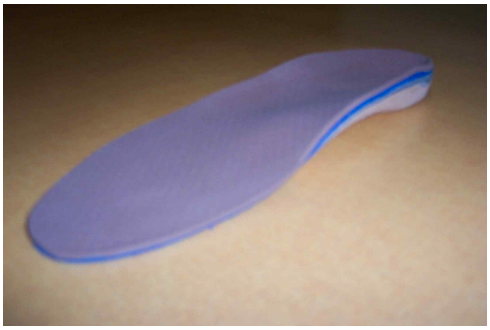

그림 1. 맞춤형 인솔(customized insole).

나. 불편 지수와 통증척도

대상자의 발, 발목, 무릎, 고관절, 그리고 허리 부위에서 나타나는 작업 후의 불편지수와 발의 통증 정도를 측정하였다. 설문지는 불편지수를 조사하기 위한 항목은 리커트 척도(Likert scale)의 5단계로 구분하였고(1=전혀 불편함이 없다, 2=약간 불편하다, 3=어느 정도 불편하다, 4=많이 불편하다, 5=매우 불편하다), 발의 통증척도는 시각통증척도(visual analogue scale)를 이용하여 측정하였다. 측정은 인솔을 착용하지 않은 바닥상태(hard floor)와 인솔을 착용한 상태(insole) 두 가지로 나누어 측정하였고 콘크리트 바닥상태에서의 불편지수와 통증을 먼저 측정하고 인솔을 착용한 상태에서 1주의 적응기간을 거쳐 다시 측정하였다.

3. 분석방법

대상자의 인솔 착용 전·후의 불편 지수와 통증 변화를 알아보기 위하여 짝비교 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준 α=.05로 하였고, 수집된 자료는 상용통계프로그램인 윈도용 SPSS version 11.0 프로그램을 이용하여 분석하였다.

Ⅲ. 결과

1. 불편지수

대상자들의 작업 후 신체 각 부위의 평균 불편지수를 비교했을 때, 산업체 근로자들의 바닥과 인솔 착용 상태에서 나타나는 평균 불편지수는 다음과 같다(표 2). 콘크리트 바닥에서의 불편지수는 인솔 착용 후의 불편지수보다 모두 높은 수치를 보였다.

흥미롭게도, 바닥에서와 인솔 착용 후의 신체 불편지수 변화는 양쪽 고관절을 제외하고 모두 유의한 감소를 보였다($p<.05$). 양쪽 발에서 불편지수가 가장 유의하게 감소하였다(표 3)($p<.05$).

2. 발의 통증척도

발의 통증척도 비교는 전체 대상자 중에서 발에 통증을 가진 10명을 대상으로 조사하였다. 인솔 착용 전의 콘크리트 바닥에서 작업 후 발의 통증척도는 오른발

표 2. 콘크리트 바닥과 인솔 착용에서의 작업 후 평균 불편지수 비교 (단위: 리커트 척도)

	신체부위	콘크리트 바닥	인솔착용 후
오른쪽	허리	2.83±1.26[a]	2.46±.95
	고관절	1.52±.99	1.35±.78
	슬관절	2.46±1.07	2.00±.84
	발목관절	1.48±.78	1.17±.36
	발	2.35±1.39	1.41±.67
왼쪽	허리	2.48±1.28	2.20±1.02
	고관절	1.61±.99	1.35±.71
	슬관절	2.15±1.26	1.78±.90
	발목관절	1.63±1.07	1.28±.56
	발	2.35±1.49	1.46±.56

[a]평균±표준편차

표 3. 콘크리트 바닥과 인솔 착용에서의 각 신체 부위의 불편지수 비교

	신체부위	p
오른쪽	허리	.014*
	고관절	.162
	무릎	.005*
	발목관절	.023*
	발	.001*
왼쪽	허리	.024*
	고관절	.056
	슬관절	.021*
	발목관절	.012*
	발	.001*

*p<.05

표 4. 콘크리트 바닥과 인솔 착용 상태에서 작업 후 발의 평균 통증척도(VAS) (N=10)

	콘크리트 바닥	인솔착용 후
오른발	5.70±2.94	2.20±1.87
왼발	6.80±2.04	2.50±1.35

[a]평균±표준편차

표 5. 콘크리트 바닥과 인솔 착용 상태에서 작업 후 발의 평균 통증척도 비교

	콘크리트 바닥과 인솔착용 후
오른발	.006*
왼발	.001*

*p<.05

5.70, 왼발 6.80으로 조사되었고, 인솔 착용 상태에서 통증척도가 작업 후 오른발 2.20, 왼발 2.50으로 조사되었다(표 4).

콘크리트 바닥과 인솔 착용 상태에서 발의 통증척도 비교에서는 인솔을 착용하였을 때 양쪽 발 모두 통증척도가 유의하게 감소되었다(표 5)(p<.05).

Ⅳ. 고찰

이전의 연구에서는 지속적인 선 작업 시 바닥의 재질에 따른 하지에 어떠한 영향을 미치는지 알아본 연구가 많이 진행되어왔다(Hansen 등, 1998; King, 2002; Rys와 Konz, 1994). Kim 등(1994)은 장시간 지속되는 선 작업 시 매트와 인솔이 허리와 다리에 가해지는 불편지수를 알아보았다. 이 연구에서는 산업장에서 매트는 주로 피로도를 감소시키기 위해서 사용되지만, 매트가 허리와 다리의 피로도를 감소시킨다는 실질적인 정량적 증거가 없다고 하였다. 즉, 하지의 피로도에 직접적인 영향이 없으며 매트 중 일부만이 허리 근육의 피로도를 감소시킨다고 보고하였다. King(2002)은 산업장 조립 라인에서 일하는 근로자를 대상으로 1주일 동안 8시간씩 실험하여 매트와 인솔의 피로도 연구를 하였다. 이 연구에서도 매트와 인솔은 차이가 없었으며 오히려 콘크리트 바닥과 매트에서 불편지수가 증가함을 보고하였다. 바닥재질과 신체의 불편지수에 관한 연구는 아직도 많은 쟁점을 가지고 있다.

Hansen 등(1998)은 8명의 건강한 대상자로 실험실에서 매트와 인솔착용이 발, 다리, 하부 허리(low back)에 가해지는 불편함과 생리적 변화를 조사하였다. 이 연구에서 두 시간 이상 서서 작업(standing work) 시, 하부 허리는 6%에서 30%, 다리는 3%에서 14%, 그리고 발에서는 8%에서 31%로 피로도가 유의하게 증가함을 보였다. 또한, 여러 가지 작업환경에 따른 발의 부종형성도(the edema formation), 발의 혈관 부피(the vascular volume of the foot), 그리고 발의 부피 감소량(the reduction in foot volume)을 조사하였다. 서서 작업 시 콘크리트 바닥과 매트, 인솔의 착용 유무에 따라 발의 부종과 부피가 변하는 것을 보고하였다. 특히, 콘크리트 바닥보다 부드러운 매트위에서 작업 시 발의 부종형성도가 증가하였다. 따라서 산업장에서 사용되는 매트는 근로자의 발의 피로도를 증가시킬 수 있다(Hansen 등, 1998). 현재 많은 사업장에서 쓰이는 충격흡수용 매트와는 비록 재질이 다를 수 도 있지만, 매트가 발의 부종형성도를 증가시켜 더 피로하게 만들 수 있다. 또한 한곳에 머물지 않고 움직이는 작업(walking work) 시 매트나 콘크리트바닥에서 발의 부종형성도와 부피의 감소에 유의한 차이가 없었으나 인솔만 착용한 경우 발의 부종형성도와 부피가 유의하게 감소하였다. 또한, Hansen 등(1998)은 작업 시 발 뒤꿈치(heel)에 직접적으로 가해지는 충격도 조사하였는데, 이 연구에서 콘크리트 바닥과 부드러운 매트사이에 서서 작업하는 경우(standing work)와 움직이는 작업(walking work)에서 모두 충격의 유의한 차이가 없었다. 콘크리트 바닥과 인솔 착용의 비교(콘크리트 바닥에서 인솔을 착용하지 않은 신발과 착용한 신발의 비교)에서는 약 50%의 유의한 충격감소가 있었고, 매트(인솔을 착용하지 않은

상태의 신발착용)에서는 15% 정도 유의하게 충격이 감소되었다. 이것은 부드러운 매트보다 인솔이 발의 뒤꿈치에 직접적으로 가해지는 충격에 유의한 효과가 있음을 보여준다. 이처럼 선행연구에서 보여준 인솔의 착용의 효과는 제자리에서 서서 작업하는 경우와 움직이며 이동하는 작업 모두 발의 부종형성도와 발뒤꿈치에 가해지는 충격량(heel impact) 모두 절반 정도 감소하였다(Hansen 등, 1998). 매트는 하지의 피로도에 큰 영향이 없으며, 인솔이 하지 피로도 감소에 효과적이라고 밝히고 있다(Hansen 등, 1998). 본 연구결과에서도 인솔은 고관절을 제외한 허리와 하지의 불편지수를 감소시키는데 효과적이었다.

신체의 통증이나 불편지수를 유발하는 원인은 여러 가지가 있다. 발의 통증은 발바닥의 족저압력(plantar pressure) 불균형으로 한곳으로 압력이 집중되면서 발생할 수 있다. 특히, 족궁(arch)이 높은 요족(pes cavus)의 경우 내재근(intrinsic muscle)의 약화를 주로 동반하여 발가락의 갈퀴발(claw toe) 변형을 일으킬 수 있으며 이로 인한 족저압력을 증가시키는 원인이 되어 통증이 호발하기도 한다(Ronald, 1996). 이러한 통증은 인솔의 족저압력의 감소로 한곳에 집중된 압력을 분산시켜 통증을 완화시킨다(Hansen 등, 1998). 또한, 발의 불편지수는 발의 부피(foot volume)와 지속적인 선 작업의 시간과 밀접한 관련이 있다(Hansen 등, 1998; Winkel, 1986; Winkel과 Jorgensen, 1986). 인솔을 착용한 신발은 서서 작업하는 경우나 움직이는 작업 시 부종방지효과(edema-preventing effect of the insole)가 있다고 알려져 있다(Hansen, 1998). 그 이유는 하지의 순환계를 담당하는 정맥펌프(venous pump)는 발의 보행 빈도(step frequency), 발의 족저굴곡(plantar flexion) 각도, 그리고 종족지절관절(metatarsophalangeal joint)의 등배굴곡(dorsiflexion)에 영향을 받기 때문이다(Bosjen-Moller와 Lamoreux, 1979; Noddeland 등, 1983; Recek 2006). 인솔의 착용은 보행주기(gait cycle) 동안 종족지절관절의 등배굴곡을 증가시켜 활보장(stride length)을 증가시키고, 가자미근(soleus muscle)의 수축 이완기(contraction-relaxation)를 확장시키게 된다. 이로써 정맥펌프의 효율성을 증가시켜 빠른 정맥환류를 도울 수 있다(Bosjen-Moller와 Lamoreux, 1979). 본 연구에서 인솔 착용이 하지의 피로도와 발의 통증을 감소시킨다는 사실을 임상적으로 확인할 수 있었다. 이것은 이전의 연구에서 콘크리트 재질의 바닥에서 작업하는 것보다 부드러운 재질의 인솔 착용 상태가 신체의 불편지수를 감소시킨다는 것과 일치하고 있다.

Ⅴ. 결론

본 연구는 반복 측정에 의해서 인솔을 착용하지 않은 콘크리트 바닥과 인솔 착용한 콘크리트 바닥에서 산업체 근로자들이 장시간 서서 작업 시 구체적 신체부위(허리, 고관절, 무릎, 발목, 그리고 발)에 나타나는 불편지수와 발의 통증을 비교하였다. 인솔 착용 전 콘크리트 바닥에서 작업 시 불편지수는 인솔 착용 상태 보다 높은 불편지수를 보였고, 통증척도에서도 높은 통증척도를 보였다. 인솔 착용 후 허리와 하지 각 관절 부위의 불편지수는 고관절을 제외한 모든 부위에서 불편지수가 유의하게 감소되었다. 발의 통증척도 비교에서도 23명의 대상자 중 10명이 발에 통증을 가지고 있었으며 인솔 착용 후 발의 통증이 유의하게 감소하는 것을 볼 수 있었다. 이 사실은 인솔 착용이 산업체 근로자들에게 신체의 불편지수와 발의 통증의 감소에 분명한 효과가 있음을 보여준다.

이전의 연구에서 인솔 착용이 신체 불편지수와 발의 통증을 감소시킨다는 연구는 이미 많이 나와 있지만, 산업체 근로자들에게 직접적으로 적용시킨 사례는 드물다. 본 연구로서 기존 사실을 임상적으로 확인할 수 있었고, 앞으로의 연구에서는 산업체 근로자를 대상으로 여러 가지 인솔 유형으로 불편지수와 발의 피로도를 조사해 볼 필요성이 있다.

인용문헌

Bojsen-Moller F, Lamoreux L. Significance of free-dorsiflexion of the toes in walking. Acta Orthop Scand. 1979;50(4):471-479.

Cham R, Redfern MS. Effect of flooring on standing comfort and fatigue. Hum Factors. 2001;43(3):381-391.

Djupsjobacka M, Johansson H, Bergenheim M. Influences on the gamma-muscle-spindle system from muscle afferents stimulated by increased intramuscular concentrations of arachidonic acid. Brain Res. 1994;663(2):293-302.

Edwards RH. Hypotheses of peripheral and central mechanisms underlying occupational muscle pain and injury. Eur J Appl Physiol Occup Physiol. 1988;57(3):275-281.

Hansen L, Winkel J, Jorgensen K. Significance of mat and shoe softness during prolonged work in upright position: Based on measurements of low back muscle EMG, foot volume changes, discomfort and ground force reactions. Appl Ergon. 1998;29(3):217-224.

Kim JY, Stuart-Buttle C, Marras WS. The effects of mats on back and leg fatigue. Appl Ergon. 1994;25(1):29-34.

King PM. A comparison of the effects of floor mats and shoe in-soles on standing fatigue. Appl Ergon. 2002;33(5):477-484.

Marr SJ, Quine S. Shoe concerns and foot problems of wearers of safety footwear. Occup Med (Lond). 1993;43(2):73-77.

Noddeland H, Ingemansen R, Reed RK, et al. A telemetric technique for studies of venous pressure in the human leg during different positions and activities. Clin Physiol. 1983;3(6):573-576.

Recek C. Conception of the venous hemodynamics in the lower extremity. Angiology. 2006;57(5):556-563.

Redfern MS, Cham R. The influence of flooring on standing comfort and fatigue. AIHAJ. 2000;61(5):700-708.

Ronald LV. Clinical Biomechanics of the Lower Extremities. San Francisco, California, Mosby, 1996:61-62.

Ryan GA. The prevalence of musculo-skeletal symptoms in supermarket workers. Ergonomics. 1989;32(4):359-371.

Rys M, Konz S. Standing. Ergonomics. 1994;37(4):676-687.

Pratt DJ, Rees PH, Rodgers C. Assessment of some shock absorbing insoles. Prosthet Orthot Int. 1986;10(1):43-45.

Sobel E, Levitz SJ, Caselli MA, et al. The effect of customized insoles on the reduction of post-work discomfort. J Am Podiatr Med Assoc. 2001;91(10):515-520.

Sommerich CM, McGlothlin JD, Marras WS. Occupational risk factors associated with soft tissue disorders of the shoulder: A review of recent investigations in the literature. Ergonomics. 1993;36(6):697-717.

Winkel J. An accurate plethysmograph for measurement of changes in the volume of the human foot. Ergonomics. 1986;29(6):801-805.

Winkel J, Jorgensen K. Evaluation of foot swelling and lower-limb temperatures in relation to leg activity during long-term seated office work. Ergonomics. 1986;29(2):313-328.

Wosk J, Voloshin AS. Low back pain: Conservative treatment with artificial shock absorbers. Arch Phys Med Rehabil. 1985;66(3):145-148.

논 문 접 수 일	2006년 7월 1일
논문게재승인일	2007년 3월 20일